

EXPERIMENTÁLNÍ URČENÍ NAPJATOSTI PŘEVODOVÉ SKŘÍŇE AUTOMOBILU

1. Úvod

Zkušenosti jednoznačně prokazují, že má-li vést proces tvorby nové konstrukce ke svému žádoucímu cíli - k získání konstrukce s požadovanou úrovní spolehlivosti, je při něm nezbytně nutná návaznost i součinnost teoretického a experimentálního přístupu. Důležitost této vazby je obzvláště naléhavá při řešení otázek souvisejících s mezními stavy porušování materiálu a konstrukcí. Tak je tomu i v případě naší převodové skříně.

Těleso převodové skříně nákladního automobilu TATRA je tvořeno odlítkem ze šedé litiny, poměrně složitě tvarovaným a opatřeným na svém vnějším povrchu soustavou výztužných žebër. Návrh příslušných geometrických parametrů je především určován požadavky pevnosti (a to hlavně únavové) a tuhosti, v jistém směru i důvody technologickými.

K zásadním vstupním údajům nezbytným ke kvalifikovanému řešení, je znalost pole přetvoření a napjatosti. S ohledem na faktický nedostatek informací o časových průbězích provozních zatížení a na omezené možnosti dostupných a použitelných programových systémů je výpočtové určení přetvoření a napjatosti neproveditelné.

Vedle intuice a zkušeností z provozních lomů na skříně se proto jako efektivní prostředek nabízí použití některé z experimentálních metod vyšetřování přetvoření.

Otázka vhodné experimentální metody však též úzce souvisí se způsobem uspořádání experimentu. Přetvoření skříně lze zjišťovat:

- a) v laboratorních podmínkách při zatěžování staticky působícím krouticím momentem stanovené velikosti,
- b) jízdami zkouškami v provozních podmínkách.

V našem případě jsme uskutečnili vyšetření oběma způsoby.

Jako další z cílů experimentu z toho vyplynulo porovnání kvality a vypovídací schopnosti obou těchto způsobů a zjištění míry korelace mezi jejich výsledky.

2. Statické měření v laboratoři

Převodová skřín byla upnuta v pomocném rámu. Zatížení bylo realizováno silovou dvojicí 150 Nm působící v obou smyslech otáčení, při zařazených jednotlivých rychlostních stupních (každý z nich jako normální a redukovaný).

Pokud se týče výběru vhodných experimentálních metod, lze zcela vyloučit reflexní fotoelasticimetrii jako příliš málo citlivou vzhledem k očekávaným úrovním přetvoření. Provedené pokusy s křehkým lakem Brafa, zaměřené na zjištění vhodných míst a orientace odporových tenzometrů, nevedly rovněž k uspokojivým výsledkům. Navíc křehké laky prakticky neumožňují vy-

šetřování přetvoření na vnitřním povrchu tělesa skříně.

Ukázalo se tedy, že ke splnění požadavků měření (za daných omezujících podmínek) lze doporučit pouze odporové tenzometry. Použity byly 3 typy tenzometrických růžic firmy HBM (v celkovém počtu dvaceti kusů) a to 6/120 RY11, 6/120 RY41 a 6/120 RY81, mající polyimidovou podložku a foliovou mřížku, teplotně samokompensované pro užití na materiálu s teplotním součinitelem délkové roztažnosti $11 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Při nalepení rychleschnoucím lepidlem Z-70 lze s nimi měřit při statickém namáhání až do 100°C . O jejich rozmístění bylo rozhodnuto především na základě rozboru provozních porušení (trhlin). Tenzometry byly připojeny k měřicí ústředně UPM 60 (od firmy HBM) ovládané počítačem Hewlett Packard HP-85. V průběhu celého měření, zahrnujícího odečty cca 50 stavů, nedošlo ani k jediné závadě. Vyhodnocovány byly velikosti a směry hlavních napětí a redukované napětí podle podmínky plasticity HMM.

3. Dynamické měření při jízdách zkoušek

3.1 Program měření

Cílem bylo uskutečnit tato měření při všech typických provozních režimech, zahrnujících jízdu na rychlostním silničním okruhu (s řazením 4. a 5. převodového stupně) i v terénu resp. ve strmém stoupání, vyžadujícím řazení 2. a 3. převodového stupně (normálního i redukovaného). K jízdám byly využity dráhy zkušebního polygonu podniku TATRA. Časové průběhy měřeného přetvoření registrovat (s ohledem na možnosti dalšího zpracování) s využitím měřicího magnetofonu.

3.2 Stručný rozbor vnějších vlivů na výsledky měření

V průběhu jízdy vozidla se mění teplota olejové náplně (nepřesahuje však cca 80°C) a mění se tedy též teplota tělesa skříně. To obecně vede:

1. ke vzniku zdánlivých deformací plynoucích z průběhu teplotní charakteristiky tenzometru,
2. ke změně deformační citlivosti tenzometru,
3. ke změně vlastností lepidla,
4. ke změně odporu přívodů tenzometru,
5. ke změně fyzikálních vlastností a tvaru tělesa převodovky,
6. k dalším problémům s teplotní kompenzací.

Vzhledem k tomu, že sledované tenzometry byly umístěny na vnějším i vnitřním povrchu skříně a s ohledem na kvazistatický charakter měřeného délkového přetvoření se shora uvedené vlivy nemusejí projevit zanedbatelným způsobem.

ad 1) Tato zdánlivá deformace vzniká vlivem změny specifického odporu mřížky tenzometru s teplotou, dilatací povrchu skříně a dilatací mřížky. U materiálu tělesa převodovky (šedé litiny) lze uvažovat teplotní součinitel délkové roztažnosti $(10 - 11) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Potom (podle údajů výrobce tenzometrů) nepřekročí tato zdánlivá deformace (při ohřevu z 20°C o méně než 100°C) hodnotu $\pm 20 \cdot 10^{-6} \text{ m/m}$.

Kompenzační tenzometry byly umístěny na kompenzačním kusu (rovněž ze šedé litiny), přiloženém k převodovce, takže pouze

přibližně sledoval její teplotní změny. V důsledku použití samokompenzovaných tenzometrů však nebyla tato okolnost rozhodující.

ad 2) Při ohřevu o 100°C dochází u použitých růžic k poměrné změně deformační citlivosti o velikosti 0,95 %.

ad 3) Měření proběhlo v rozmezí přípustných teplot pro použitý typ lepidla.

ad 4) U tenzometrů umístěných na vnitřním povrchu tělesa skříně je část délky těchto přívodů přímo ve styku s horkým olejem; přívody vnějších tenzometrů se rovněž ohřívají od tělesa skříně k němuž jsou zafixovány. Změna teploty přívodního vedení pak představuje jistý odpor, seriově řazený k odporu tenzometru. Tak např. při dvoudráhovém zapojení s použitím lanka PNLym o průřezu $0,05\text{ mm}^2$ vzniká při ohřevu o 10°C na 1 m délky tohoto přívodu zdánlivá deformace cca $120 \cdot 10^{-6}$. Uvážíme-li, že při jízdách dochází zřejmě k výraznějším změnám teploty skříně, pak by takto došlo ke znehodnocení měřených hodnot. Proto jako zcela nezbytné se jeví použití třídrátového zapojení (v oblasti části přívodního vedení ovlivňovaného změnou teploty).

ad 5) Změnu modulu pružnosti v tahu s teplotou můžeme v našem případě zcela pominout. Nelze však vyloučit vznik teplotních napětí v důsledku omezení dilatace nebo nerovnoměrného ohřevu tělesa skříně - ať po povrchu nebo po tlouštku.

3.3 Provedení měření

Pro jízdní zkoušky byl omezen počet sledovaných tenzometrických růžic na 12 kusů. Použity byly měřicí zesilovače s nosnou frekvencí 5 kHz typu KWS 3073 od fy HBM a měřicí magnetofon Stellavox 4 SI7 s PCM aparaturou od fy MBB. Získané časové průběhy délkových přetvoření byly pak v laboratoři vhodně zesíleny, frekvenčně upraveny v dolnoproustném filtru (s mezní frekvencí 30 Hz) a zaznamenány na šestikanálovém přímopíšicím zapisovači Hellige He-330T.

3.4 Vyhodnocení měření

Z časových průběhů délkových přetvoření byla vyhodnocena hlavní a redukováná napětí odpovídající

- a) ustáleným jízdním režimům při zařazených jednotlivých převodových stupních; v tomto případě mají napětí kvazistatický charakter;
- b) okamžikům při přeřazování převodových stupňů, kdy se objevují výrazné kmity napětí.

Podrobnější diskuze výsledků včetně posouzení vzniku mezního stavu únavového porušení bude uvedeno na konferenci.

Doc. ing. Miloš Vlk, CSc. - Doc. ing. Přemysl Janíček, CSc. -
strojní fakulta VUT, 616 69 Brno